



Analisis Getaran Kendaraan Sistem Satu Roda Dalam Tinjauan Dua Derajat Kebebasan

Pipit Wahyu Nugroho^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

*pipit.wahyu@polinema.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 08/05/2019
Naskah Direvisi 17/06/2019
Naskah Disetujui 30/06/2019
Naskah Online 30/06/2019

ABSTRAK

The two most important parameters in vibration of the vehicle is the level of comfort and stability. To get the best value of the parameter, then the role of the vehicle's suspension system is very important to reducing vibration due to a wave of street and keep the wheel remains stuck in the street.

This study examines the influence of this type of suspension system of vehicle vibration against one of the wheel in terms of comfort and stability. This type of suspension is related to the value of the spring stiffness and the value of peredamannya. While the vehicles are modelled with one wheel in two degrees of freedom. Testing conducted with the imposition of a vehicle includes passenger and vehicle mass for each type of suspension, i.e. soft, medium and hard. Vibration analysis performed using Matlab Simulink to get the response acceleration and response deflection

The graph shows a comparison of the vibration response level of comfort and the stability of the vehicle on the road profile modeled in the function step, impulse and sinusoidal. Simulation results obtained from that suspension of the type of Soft and Medium can handle vibration extremely well especially from the level of response was speed for the road is relatively flat. Meanwhile the suspension type of Hard very well dampen vibration for a bumpy road.

Key words: *the suspension system, the vibration of the vehicle, two degrees of freedom, acceleration, deflection, comfort and stability.*

1. PENDAHULUAN

Sistem Suspensi terletak di antara bodi kendaraan dan roda-roda, yang dirancang untuk meredam getaran akibat gelombang permukaan jalan sehingga diperoleh kenyamanan dan kestabilan berkendara. Komponen utama sistem suspensi adalah pegas dan damper (*shock absorber*), sedangkan komponen tambahannya berupa *ball joint*, *steering link*, *suspension arm* dan *frame*.

Perancangan sistem suspensi kendaraan sangat menentukan tingkat kenyamanan yang dirasakan penumpang dan juga memberikan efek kestabilan kendaraan. Efek lebih jauh berdampak pada kesehatan dan keselamatan pengendara/penumpang (Harrington, dkk, 2005).

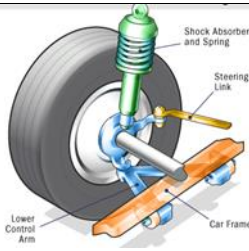
peduli apa efek dari pemakaian beberapa jenis suspensi kendaraan baik yang bersifat *soft*, *medium* maupun yang *hard*. Apakah terlalu kecil atau terlalu besar getaran yang ditimbulkan dan dirasakan. Biasanya pengguna kendaraan hanya menyatakan yang penting enak dirasakan, sehingga sangat dibutuhkan informasi tingkat getaran dari setiap suspensi yang dipasang pada suatu kendaraan.

Studi ini mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, khususnya sepeda motor akibat pemakaian beberapa jenis

sistem suspensi yang dipakai dan selanjutnya akan dianalisis sejauh mana pengaruhnya terhadap tingkat kenyamanan pengendara dan kestabilan kendaraan. Hal ini sebagai langkah awal untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang analisis sistem suspensi sehingga bisa dirancang sebuah suspensi yang bisa menghasilkan tingkat kenyamanan dan kestabilan yang lebih baik di masa yang akan datang.

1.1 SISTEM SUSPENSI

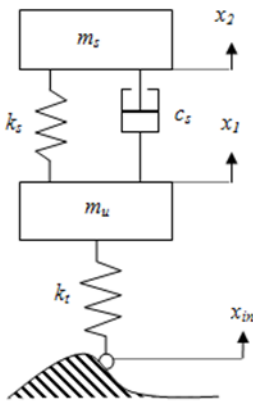
Salah satu bagian kendaraan yang paling mempengaruhi tingkat kenyamanan penumpang dan kestabilan kendaraan adalah sistem suspensi. Sistem suspensi mempunyai dua komponen pokok, yaitu pegas dan damper. Sistem pegas berfungsi mengembalikan gerakan kendaraan ke posisi setimbang, sedangkan damper berfungsi meredam getaran agar tidak memiliki amplitudo yang besar (Dixon, 2009)



Gambar 1. Sistem Suspensi Kendaraan

Pegas, umumnya terbuat dari baja dan dikelompokkan ada yang berbentuk coil, leaf dan bar. Pegas ini mengubah kejutan akibat profil jalan menjadi gerakan siklus berulang atau osilasi. Sedangkan pada damper, di dalamnya ada suatu fluida dengan kekentalan tertentu yang menyebabkan gerakan osilasi dari pegas lama-kelamaan akan diam.

Getaran yang terjadi pada sistem suspensi dapat merupakan suatu model matematika dua derajat kebebasan yang diturunkan dari hukum Newton ke II, (Dixon, 2007):



Gambar 2. Model Kendaraan Satu Roda Satu Derajat Kebebasan

$$m_s \ddot{x}_2 + c_s(\ddot{x}_2 - \ddot{x}_1) + k_s(x_2 - x_1) = 0 \quad (1)$$

$$m_u \ddot{x}_1 + k_t(x_1 - x_{in}) + c_s(\ddot{x}_1 - \ddot{x}_2) + k_s(x_1 - x_2) = 0 \quad (2)$$

Di mana:

m_s = massa kendaraan dan penumpang [Kg],

m_u = massa roda/ban [Kg],

c_s = konstanta peredam/damper [N.s/m],

k_s = konstanta kekakuan pegas [N/m],

k_t = konstanta kekakuan ban [N/m],

x_1 = perpindahan dari m_u [m]

x_2 = perpindahan dari m_s [m]

x_{in} = profil permukaan jalan [m]

Dengan asumsi kondisi awal sama dengan nol, maka Transformasi Laplace dari persamaan (1) dan (2) menghasilkan (Nugroho, 2014):

$$\frac{x_2(s)}{x_{in}(s)} = \frac{c_s k_t s + k_s k_t}{m_u m_s s^4 + (m_s + m_u) c_s s^3 + [(k_t + k_s) m_s + m_u k_s] s^2 + c_s k_t s + k_t k_s} \quad (3)$$

$$\frac{x_1(s)}{x_{in}(s)} = \frac{m_s k_t s^2 + c_s k_t s + k_t k_s}{m_u m_s s^4 + (m_s + m_u) c_s s^3 + [(k_t + k_s) m_s + m_u k_s] s^2 + c_s k_t s + k_t k_s} \quad (4)$$

Persamaan (3) dan (4) menunjukkan respon getaran kendaraan berupa amplitudo perpindahan dari massa kendaraan (x_2) dan perpindahan dari massa roda (x_1) terhadap variasi permukaan jalan (x_{in}).

1.2 KENYAMANAN PENGENDARA DAN KESTABILAN KENDARAAN

Istilah kenyamanan dalam berkendara bagi penumpang adalah adanya rasa nyaman dan relatif tenang di dalam kendaraan walaupun kondisi jalan bergelombang. Guncangan akibat bentuk permukaan jalan yang penuh lobang atau tidak rata seharusnya mampu diredam oleh sistem suspensi kendaraan sehingga penumpang seperti diisolasi dari gaya eksitasi luar.

Tingkat kenyamanan yang dirasakan penumpang secara matematis bisa diukur dari nilai variabel \ddot{x} (percepatan gerak kendaraan) pada persamaan (2). Semakin rendah nilai \ddot{x} yang dihasilkan maka semakin baik tingkat kenyamanan (Eslaminasab, 2008).

Guncangan akibat profil jalan yang tidak rata juga mengakibatkan kendaraan sulit dikendalikan sehingga dalam kondisi terburuk, kendaraan bisa terguling. Sistem suspensi juga berfungsi menjaga agar permukaan roda tetap menempel pada jalan sehingga gerak kendaraan bisa dikendalikan menjadi lebih stabil. Secara matematis tingkat kestabilan kendaraan bisa diukur dari jarak antara bodi kendaraan dan permukaan jalan. Jika perbedaan jarak bisa dikendalikan nilainya semakin kecil berarti kendaraan semakin stabil (Eslaminasab, 2008).

2. METODE PENELITIAN

Kendaraan diasumsikan sebagai kendaraan satu roda dan mempunyai dua derajat kebebasan sehingga bisa disusun persamaan geraknya secara matematis sebagaimana pada persamaan (1) dan (2).

Dari persamaan-persamaan tersebut akan diperoleh respon getaran (\ddot{x}) dan perpindahan jarak antara bodi kendaraan (x_2) dan roda (x_1) dengan permukaan jalan. Keduanya adalah faktor penentu tingkat kenyamanan dan kestabilan kendaraan.

Tahap selanjutnya berupa pengumpulan data uji tekan suspensi sepeda motor pada mesin uji tekan MTS (*Materials Testing System*) seperti pada Gambar 3. Data yang diperoleh berupa simpangan berdasarkan variasi beban pada suspensi.



Gambar 3. Pengujian Suspensi di MTS

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan data nilai konstanta kekakuan ban (k_t) sebesar 8.1 N/mm, maka data hasil pengujian di Mesin MTS dalam bentuk tabel berikut ini.

Tabel 1 Percobaan Suspensi Jenis Soft

Beban (N)	Simpangan (mm)
0	0
200	5
400	10
450	17
450	20
500	25
550	30

Dengan menggunakan rumus gerak kendaraan, maka dari data-data pada tabel di atas diperoleh nilai konstanta spring suspensi (k_s) = 1.12 N/mm dan nilai konstanta peredam (c_s) = 0.29 Ns/mm.

Tabel 2 Percobaan Suspensi Jenis Medium

Beban (N)	Simpangan (mm)
0	0
250	5
425	10
475	15
550	20
650	25
775	30

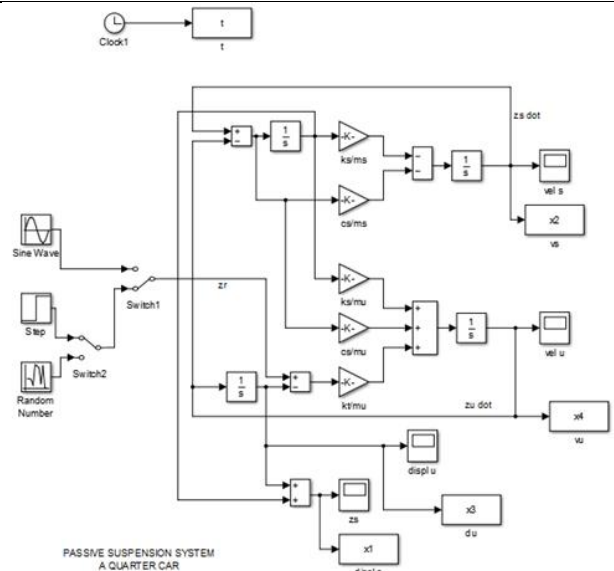
Dengan cara seperti Tabel 1, diperoleh nilai konstanta spring suspensi (k_s) = 1.77 N/mm dan nilai konstanta peredam (c_s) = 0.21 Ns/mm

Tabel 3 Percobaan Suspensi Jenis Hard

Beban (N)	Simpangan (mm)
0	0
275	5
450	10
550	17
600	20
725	25
850	30

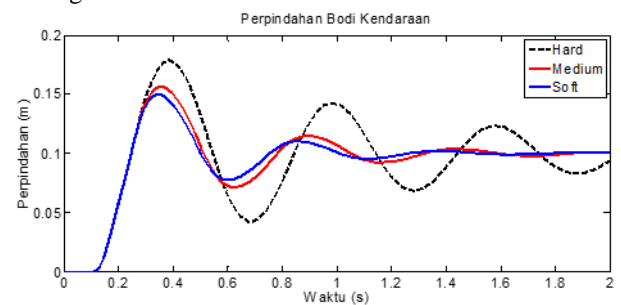
Demikian juga diperoleh nilai konstanta spring suspensi (k_s) = 2.12 N/mm dan nilai konstanta peredam (c_s) = 0.20 Ns/mm.

Data hasil percobaan dan pengolahannya yaitu berupa konstanta kekakuan ban (k_t), konstanta spring (k_s) dan konstantan peredaman (c_s) disimulasikan ke dalam program Simulink Matlab untuk mendapatkan respon getaran kendaraan dengan tiga jenis profil jalan: step, sinus dan impuls. Diagram Simulink tersebut adalah sebagai berikut



Gambar 4. Diagram Blok Simulink

Grafik-grafik respon getarannya sebagaimana pada gambar-gambar berikut ini



Gambar 5. Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Fungsi Step

Tabel 4. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Hard untuk Fungsi Step

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 0.4 s
2	Maximum Amplitude	M_p	0.18 m
3	Peak Amplitude	A_p	0.1 m
4	Steady State	SS	2.8 s

Tabel 5. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Medium untuk Fungsi Step

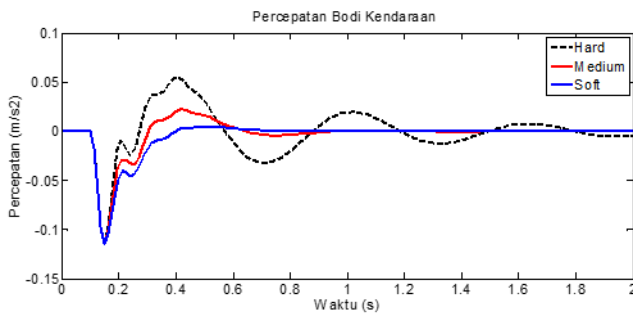
No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 0.3 s
2	Maximum Amplitude	M_p	0.155 m
3	Peak Amplitude	A_p	0.1 m
4	Steady State	SS	1.8 s

Tabel 6. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Soft untuk Fungsi Step

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 0.3 s
2	Maximum Amplitude	M_p	0.15 m
3	Peak Amplitude	A_p	0.1 m
4	Steady State	SS	1.6 s

Dari Gambar 5. Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Fungsi Step menunjukkan bahwa getaran atau perpindahan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi soft memperoleh respon yang relatif paling bagus. Hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi stady state tidak terlalu lama yaitu hanya sekitar 1.6 detik, sedangkan untuk suspensi jenis medium dan hard berturut-turut 1.8 dan 2.8 detik. Rise time atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan

suspensi soft antara 0.1 detik hingga 0,3 detik, sedangkan untuk suspensi médium dan hard memiliki data hampir sama yaitu berturut-turut $0.1 \div 0.4$ detik dan $0.1 \div 0.3$ detik



Gambar 6. Grafik Respon Percepatan Bodi Kendaraan dengan Profil Jalan Fungsi Step

Tabel 7. Getaran Percepatan Suspensi Jenis Hard untuk Fungsi

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.15 – 0.4 s
2	Maximum Amplitude	M_p	0.06 m
3	Peak Amplitude	A_p	-0.12 m
4	Steady State	SS	2.2 s

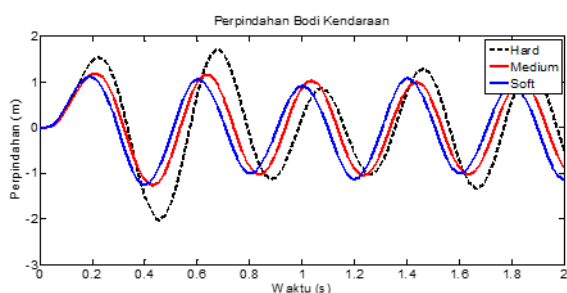
Tabel 8. Data Getaran Percepatan Suspensi Jenis Medium untuk Fungsi Step

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.15 – 0.45 s
2	Maximum Amplitude	M_p	0.025 m
3	Peak Amplitude	A_p	-0.12 m
4	Steady State	SS	1.5 s

Tabel 9. Getaran Percepatan Suspensi Jenis Soft untuk Fungsi Step

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.15 – 0.45 s
2	Maximum Amplitude	M_p	0.15 m
3	Peak Amplitude	A_p	-0.12 m
4	Steady State	SS	0.4 s

Dari Gambar 6 Grafik Respon Percepatan Bodi Kendaraan dengan Fungsi Step dapat dijelaskan bahwa getaran/percepatan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi soft memperoleh respon yang relatif paling bagus. Hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi stady state tidak terlalu lama yaitu 0.4 detik, sedangkan untuk suspensi médium dan hard berturut-turut 1.5 dan 2.2 detik. Rise time atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi soft antara 0.1 detik hingga 0.4 detik, demikian pula untuk suspensi médium dan hard berturut-turut $0.1 \div 0.45$ detik dan $0.1 \div 0.4$ detik.



Gambar 7. Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Fungsi

Sinus

Tabel 10. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Hard untuk Fungsi

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.05 – 0.25 s
2	Maximum Amplitude	M_p	1.8 m
3	Peak Amplitude	A_p	-2.0 m
4	Steady State	SS	0.8 s

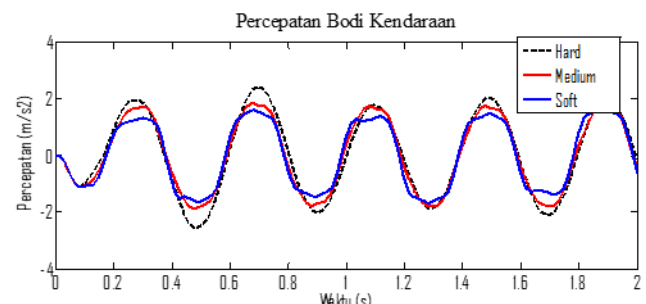
Tabel 11. Data Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Medium untuk

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.05 – 0.25 s
2	Maximum Amplitude	M_p	1.2 m
3	Peak Amplitude	A_p	-1.2 m
4	Steady State	SS	0.7 s

Tabel 12. Data Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Soft untuk Fungsi Sinus

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.05 – 0.2 s
2	Maximum Amplitude	M_p	1.0 m
3	Peak Amplitude	A_p	-1.2 m
4	Steady State	SS	0.65 s

Dari Gambar 7. Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Profil Jalan Fungsi Sinus dapat dijelaskan bahwa getaran/perpindahan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi soft didapat respon yang relatif paling bagus. Hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi stady state tidak terlalu lama yaitu 0.65 detik, sedangkan untuk suspensi médium dan hard berturut-turut 0.7 dan 0.8 detik. Rise time atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi soft antara 0.05 detik hingga 0.2 detik, sedangkan untuk suspensi médium dan hard memiliki data yang sama, yaitu 0.05 sampai dengan 0.025 detik



Gambar 8. Grafik Respon Percepatan Bodi Kendaraan dengan Fungsi Sinus

Tabel 13. Data Getaran Percepatan Suspensi Jenis Hard untuk Fungsi Sinus

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 0.3 s
2	Maximum Amplitude	M_p	2.0 m
3	Peak Amplitude	A_p	-2.6 m
4	Steady State	SS	0.6 s

Tabel 14. Data Getaran Percepatan Suspensi Jenis Medium untuk Fungsi Sinus

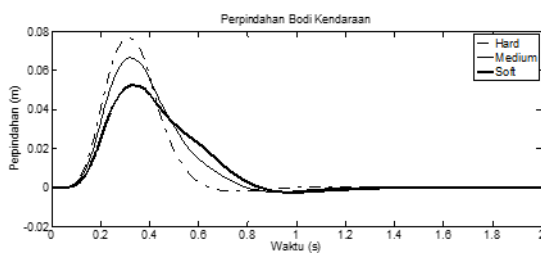
No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 0.3 s
2	Maximum Amplitude	M_p	1.8 m
3	Peak Amplitude	A_p	-2.0 m
4	Steady State	SS	0.6 s

Tabel 15 Data Getaran Percepatan Suspensi Jenis Soft untuk Fungsi

Sinus

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 0.2 s
2	Maximum Amplitude	M_P	1.4 m
3	Peak Amplitude	A_P	-1.8 m
4	Steady State	SS	0.6 s

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8. Grafik Respon Percepatan Bodi Kendaraan dengan Profil Jalan Fungsi Sinus menjelaskan bahwa getaran percepatan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi soft, médium maupun harda hampir sama, hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi stady state tidak terlalu lama yaitu 0.4 detik. Rise time atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi soft antara -1.8 detik hingga 1.2 detik, sedangkan untuk suspensi médium dan hard berturut-turut -2.1 ÷ 1.9 detik dan -2.4 ÷ 2.2 detik



Gambar 9 Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Fungsi Impuls

Tabel 16. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Hard untuk Fungsi Impul

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 1.2 s
2	Maximum Amplitude	M_P	0.08 m
3	Peak Amplitude	A_P	0 m
4	Steady State	SS	1.2 s

Tabel 17. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Medium untuk Fungsi Impuls

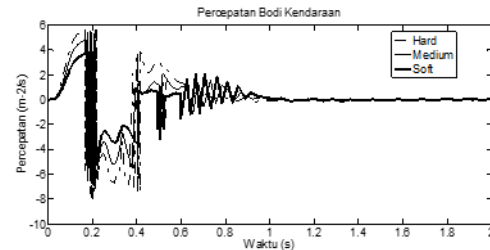
No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 1.2 s
2	Maximum Amplitude	M_P	0.068 m
3	Peak Amplitude	A_P	0 m
4	Steady State	SS	1.2 s

Tabel 18. Data Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Soft untuk Fungsi Impuls

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 1.2 s
2	Maximum Amplitude	M_P	0.052 m
3	Peak Amplitude	A_P	0 m
4	Steady State	SS	1.2 s

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 9. Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Profil Jalan Fungsi Impuls menjelaskan bahwa getaran perpindahan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi hard didapat respon yang relatif paling bagus, hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi stady state tidak terlalu lama yaitu 0.7 detik, sedangkan untuk suspensi soft dan medium sama dalam waktu 0.9 detik. Rise time atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi soft hingga 0.05 detik, sedangkan untuk suspensi médium dan hard berturut-turut 0.065 detik

dan 0.08 detik



Gambar 10. Grafik Respon Percepatan Bodi Kendaraan dengan Profil Jalan Fungsi Impuls

Tabel 19. Getaran Percepatan Suspensi Jenis Hard untuk Fungsi Impuls

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.05 – 0.4 s
2	Maximum Amplitude	M_P	5.8 m
3	Peak Amplitude	A_P	-6.8 m
4	Steady State	SS	1.0 s

Tabel 20. Getaran Percepatan Suspensi Jenis Medium untuk Fungsi Impuls

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.05 – 0.4 s
2	Maximum Amplitude	M_P	4.8 m
3	Peak Amplitude	A_P	-4.8 m
4	Steady State	SS	1.0 s

Tabel 21. Getaran Percepatan Suspensi Jenis Soft untuk Fungsi Impuls

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.05 – 0.4 s
2	Maximum Amplitude	M_P	3.8 m
3	Peak Amplitude	A_P	-3.0 m
4	Steady State	SS	1.0 s

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 10. Grafik Respon Percepatan Bodi Kendaraan dengan Profil Jalan Fungsi Impuls menjelaskan bahwa getaran percepatan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi hard didapat respon yang relatif paling bagus, hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi stady state tidak terlalu lama yaitu 1.1 detik, sedangkan untuk suspensi médium dan hard berturut-turut 1.15 dan 1.2 detik. Rise time atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi soft antara -6.0 detik hingga 2.5 detik, sedangkan untuk suspensi médium dan hard berturut-turut -6.0 ÷ 4.2 detik dan -7.0 ÷ 5.8 detik.

3.1 ANALISIS RESPON GETARAN

Dalam analisis performansi sistem suspensi ada tiga macam aspek, yaitu :

- Isolasi Getaran

Aspek ini dapat dianalisa dengan meninjau respon massa sprung (output) terhadap eksitasi permukaan jalan (input), parameter ini dapat berupa kecepatan atau percepatan.

- Suspension Travel

Defleksi pegas suspensi atau displacement relative antara massa sprung dan massa unsprung ini didefinisikan sebagai space yang diijinkan untuk mengakomodasi gerakan suspensi antara benjolan dan pantulan, yang lebih dikenal dengan sebutan *rattle space*.

- Road Holding

Kemampuan ban untuk selalu menempel pada permukaan jalan disebut roadholding yang didefinisikan

sebagai defleksi ban atau displacement relatif antara defleksi massa unsprung terhadap permukaan jalan.

Dari hasil simulasi getaran kendaraan berupa grafik respon perpindahan dan percepatan dapat dianalisis bahwa Suspensi jenis Soft dan Medium bisa meredam getaran akibat gelombang jalan yang tidak terlalu tajam dengan kecepatan respon yang sangat baik, atau jenis suspensi ini cocok untuk permukaan jalan yang relatif rata. Sedangkan Suspensi jenis Hard bisa meredam dengan baik getaran akibat gelombang jalan yang tajam dengan kecepatan respon yang juga sangat baik. Suspensi jenis ini sesuai untuk jalanan yang punya tingkat gelombang yang besar.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini maka bisa disimpulkan bahwa

- a. Pengaruh jenis sistem suspensi kendaraan roda dua terhadap getaran pada kendaraan sangat signifikan disesuaikan dengan tingkat gelombang jalan yang dilaluinya
- b. Jenis sistem suspensi menentukan terhadap tingkat kenyamanan pengendara dan kestabilan kendaraan roda dua.
- c. Suspensi jenis Soft dan Medium bisa meredam getaran akibat gelombang jalan yang tidak terlalu tajam dengan kecepatan respon yang sangat baik, atau jenis suspensi ini cocok untuk permukaan jalan yang relatif rata. Sedangkan suspensi jenis Hard bisa meredam dengan baik getaran akibat gelombang jalan yang tajam dengan kecepatan respon yang juga sangat baik. Suspensi jenis ini sesuai untuk jalanan yang punya tingkat gelombang yang besar.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harrington & F.S Gill., 2005. *Buku Saku Kesehatan Kerja*. Edisi 3., Jakarta, Penerbit EGC Cetakan I.
- [2] Dixon, J., 2009, *Suspension Geometri and Computation*, United Kingdom, John Wiley and Sons, 2nd Edition,
- [3] Dixon, 2007, *The Shock Absorber Handbook*, United Kingdom, John Wiley and Sons,
- [4] Nugroho, P.W., Lee, W., Alici, G., Du, H. 2014, *An Adaptive Neuro Fuzzy Hybrid Control Strategy for a Semi Active Suspension with Magneto Rheological Damper*, *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 2014, 11 halaman, Hindawi Publishing Corporation.
- [5] Eslaminasab, N 2008, 'Development of a Semi-active Intelligent Suspension System for Heavy Vehicles', Thesis, Canada, University of Waterloo.
- [6] ISO 2631 1,2., 1997, *Mechanical Vibration and Shock Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration*. Geneva, International Organisation for Standardisation.
- [7] Mabbot, N., Foster, G., & McPhee, B., 2001, *Heavy Vehicle Seat Vibration and driver Fatigue*, ARB Transport Research Ltd. 5000 Burwood Highway, Vermont South.
- [8] Savaresi, S.M., Poussot-Vassal, C., Spelta, C., Sename, O., & Dugard, L., 2010, *Semi Active Suspension Control Design for Vehicle*, Elsevier.
- [9] Nugroho, P.W., 2018, *Analisis Kenyamanan dan Kestabilan Kendaraan Roda Dua dalam Tinjauan Satu Derajat Kebebasan*, *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur*, Vol. 1, No. 1